

## К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИМПУЛЬСНЫХ БУЛЕВЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ПРИ СИНТЕЗЕ МНОГОТАКТНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО- ИМПУЛЬСНЫХ РЕЛЕЙНЫХ УСТРОЙСТВ

Е. Л. СОБАКИН

(Представлена научным семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

Введение импульсных переменных, служащих для обозначения импульсных сигналов [1], естественно, увеличивает число возможных комбинаций логических переменных. Так как каждая булева переменная в этом случае представляется в виде двух переменных (статической и импульсной), то число возможных комбинаций увеличится в  $2^n$  раз. Поэтому

$$N = 2^{2n} = 4^n,$$

где  $N$  — общее число комбинаций логических переменных\* (импульсных и статических);

$n$  — число статических переменных.

Однако из четырех комбинаций импульсной и статической переменных, соответствующих одной булевой переменной, комбинация  $\bar{a}a$  тождественно равна нулю (см. следствие 2 [1]) и, следовательно,

$$N = (4 - 1)^n = 3^n. \quad (1)$$

Общее число логических функций, описывающих потенциально-импульсное релейное устройство, при этом выразится формулой

$$M = 2^{3^n}. \quad (2)$$

В табл. 1 приведены названия, обозначения и нормальные формы потенциально-импульсных логических функций одной булевой переменной.

Фактически эти функции являются функциями двух переменных, однако число этих функций вдвое меньше числа обычных булевых функций двух переменных [2]

Сравнивая полученные потенциально-импульсные функции с обычными логическими функциями двух переменных, можно сделать следующие выводы: функция  $v_0$  аналогична функции «запрет  $a$ »,  $v_1$  — логическому произведению,  $v_2$  — функции неравнозначности и функции «запрет  $a$ »,  $v_3$  — логической сумме,  $v_4$  — функции Пирса (функции НИ... НИ...),  $v_5$  — функции равнозначности и функции «импликация  $a$ »,  $v_6$  — функции Шеффера и  $v_7$  — функции «импликация  $a$ ».

Число потенциально-импульсных логических функций двух булевых переменных, каждой из которых соответствует отдельное релейное устройство, можно определить по формуле (2).

Наиболее удобным из существующих способов (методов) задания логических функций является матричный, при котором функции



задаются в виде матриц (карт) Карно [2], [3], диаграмм Вейча [4]. Число квадратов матрицы зависит от числа булевых (статических) переменных и определяется по формуле  $N=2^n$  для обычных и по формуле (1) для потенциально-импульсных функций. Следовательно, матрицы потен-

Т а б л и ц а 1

Функ- ция	Название функции	Комбинации вх. переменных			Обоз- наче- ние	Нормальная дизъюнктивная форма	Нормальная конъюнктивная форма
		$a$	0	1			
$v_0$	Нулевая		0	0	0	$\bar{a} a_\tau$	$(a+a_\tau) (\bar{a}+a_\tau)$ $(\bar{a}+\bar{a}_\tau)$
$v_1$	Повторение $a_\tau$		0	1	$a_\tau$	$aa_\tau$	$(a+a_\tau) (\bar{a}+a_\tau)$
$v_2$	Задержка на включение		0	1	$a^\tau$	$a\bar{a}_\tau$	$(a+a_\tau) (\bar{a}+\bar{a}_\tau)$
$v_3$	Повторение $a$		0	1	$a$	$a\bar{a}_\tau+aa_\tau$	$a+a_\tau$
$v_4$	Инверсия $a$		1	0	$\bar{a}$	$\bar{a}\bar{a}_\tau$	$(\bar{a}+a_\tau) (\bar{a}+\bar{a}_\tau)$
$v_5$	Задержка на отключение		1	0	$\bar{a}^\tau$	$a\bar{a}_\tau+aa_\tau$	$\bar{a}+a_\tau$
$v_6$	Инверсия $a_\tau$		1	1	$\bar{a}_\tau$	$\bar{a}\bar{a}_\tau+aa_\tau$	$\bar{a}+\bar{a}_\tau$
$v_7$	Единичная		1	1	1	$\bar{a}\bar{a}_\tau+\bar{a}a_\tau+aa_\tau$	$a+\bar{a}_\tau$

циально-импульсных логических функций в отличие от матриц обычных булевых функций будут иметь число квадратов кратное  $3^n$ .

В качестве примеров на рис. 1, а, б и в приведены матрицы потенциально-импульсных функций одной, двух и трех булевых переменных. Матрицей рис. 1, а задана логическая функция «задержка на отключение а», матрицами рис. 1, б и 1, в, соответственно, логическая сумма  $a_\tau + b_\tau$  и логическое произведение  $a_\tau b_\tau c_\tau$ .

Из рис. 1 следует, что матрица для потенциально-импульсных функций двух переменных (рис. 1, б) состоит из трех матриц потенциально-

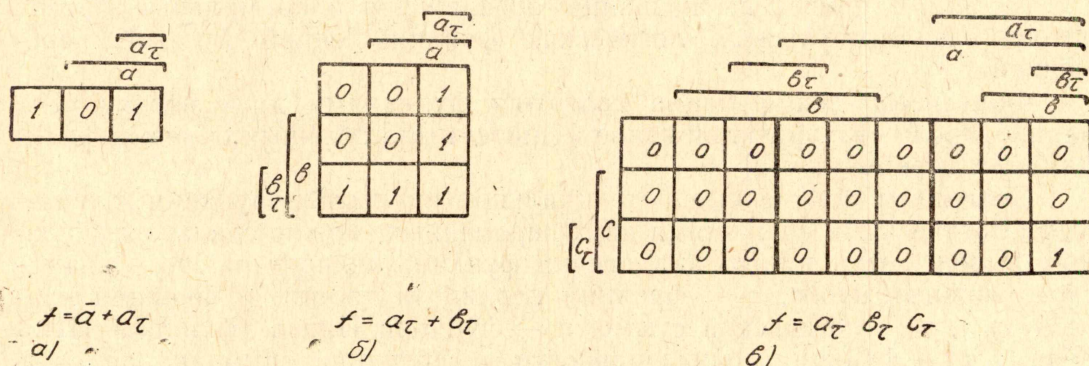


Рис. 1

логических функций одной переменной, матрица потенциально-импульсных функций трех переменных (рис. 1, в) — из трех матриц потенциально-импульсных функций двух переменных и т. д. Правила распределе-



ния единичных и нулевых областей независимых, т. е. входных и промежуточных, переменных остаются теми же, что и в матрицах для обычных булевых функций [2] и [7].

Матричный метод задания логических функций обладает, как известно, рядом достоинств, к числу которых в первую очередь следует отнести возможность использования матриц для минимизации функции и синтеза релейных устройств по неполностью заданным первоначальным условиям. Вместе с тем, как и в случае обычных логических функций, задание многотактных потенциально-импульсных логических функций с помощью матриц осложняется необходимостью и трудностью определения числа промежуточных переменных по сформулированным условиям на проектирование устройства.

Совершенно очевидно, что использование импульсных переменных приведет к уменьшению необходимого числа промежуточных переменных, так как каждую импульсную переменную можно рассматривать как элементарную многотактную функцию, которая переходит из одного определенного состояния в другое автоматически без изменения значения независимой переменной.

В настоящее время наиболее распространенными являются два метода синтеза многотактных релейных устройств: один использует для описания условий работы устройств язык таблиц включений [5], [6], другой — язык таблиц состояний, таблиц переходов и матриц функций [2], [3].

Используя второй метод, рассмотрим пример синтеза многотактного релейного устройства, условия работы которого можно сформулировать следующим образом: «В исходном состоянии (при отсутствии входного сигнала) элемент  $X$  включен, а элемент  $Y$  выключен. При появлении входного сигнала элемент  $X$  выключается, а элемент  $Y$  включается. Через время  $\tau_1$   $Y$  отключается и включается  $X$ , который через время  $\tau_2$  выключается и включает  $Y$ , и т. д. Циклы повторяются до тех пор, пока на входе устройства имеется сигнал, равный 1. Если входной сигнал принимает значение 0, то устройство переходит в исходное состояние. Необходимо, чтобы элементы  $X$  и  $Y$  в любой момент времени не находились в одинаковом состоянии».

Из электроники известно, что подобным условиям удовлетворяет электронный релаксационный генератор — мультивибратор, который нормально заторможен и включается в автоколебательный режим входным сигналом.

Нетрудно установить, что многотактная логическая функция, описывающая работу такого мультивибратора, будет иметь одну входную переменную (обозначим ее через  $a$ ) и две промежуточных  $x$  и  $y$ , являющихся одновременно выходными переменными.

Для наглядного изображения требуемой последовательности работы проектируемого устройства условия его работы можно представить в виде условной записи:

$$A_{01} \rightarrow X_{10} \xrightarrow{\tau_1} \bar{Y}_{10} \xrightarrow{\tau_2} \bar{X}_{01} \xrightarrow{\tau_1} Y_{10} \rightarrow \dots A_{10} \rightarrow X_{01} \rightarrow Y_{10}.$$

Здесь индексом 01 обозначается включение, а индексом 10 — выключение соответствующего элемента. Анализируя условную запись переходов, можно установить, что входной сигнал  $a$  будет статическим, а связь между элементами  $X$  и  $Y$  осуществляется импульсными сигналами  $x_{\tau_2}$  и  $y_{\tau_1}$ . Таким образом, многотактная функция, описывающая работу мультивибратора, будет потенциально-импульсной.

По условиям задачи составим таблицу состояний этой многотактной потенциально-импульсной логической функции (табл. 2).

Эта таблица строится известным способом (см. [2]), но в отличие от подобных таблиц для обычных многотактных булевых функций, каждой



промежуточной переменной соответствуют два столбца «с» и «и», служащие для описания статической и импульсной переменной.

Для нахождения матрицы общей многотактной функции необходимо поставить в соответствие каждому состоянию функции определенную комбинацию статических, импульсных переменных и построить матрицу переходов.

Таблица 2

s	a		x		y	
	0	1	С	И	С	И
1	1	2	1	0	0	0
2	~	3	0	0	1	1
3	~	4	0	0	1	0
4	1	1	1	1	0	0

На рис. 2, а для данного примера приведена совмещенная матрица соответствий и переходов. Переходы указаны стрелками. Заменяя состояния в матрице рис. 2, а соответствующими комбинациями статических

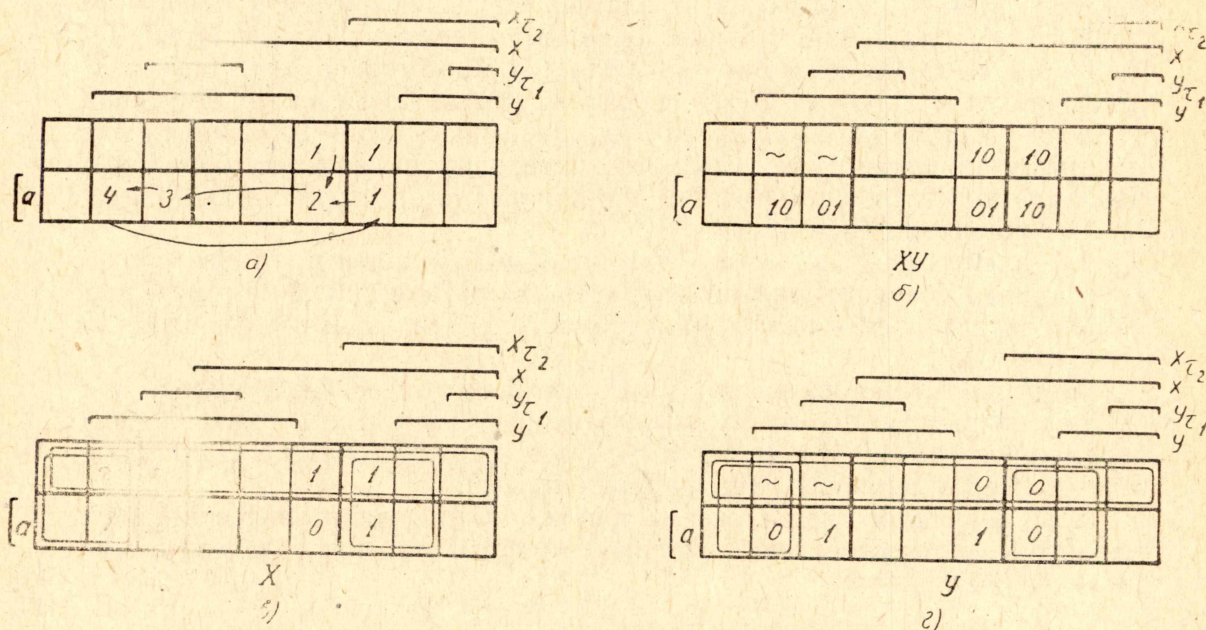


Рис. 2

переменных, взятых из таблицы состояний, получим матрицу многотактной функции  $XY$  рис. 2, б, из которой нетрудно получить матрицы промежуточных функций  $X$  и  $Y$  (рис. 2, в и г).

По матрицам этих функций, составляя соответствующие контуры (рис. 2, в и г), можно найти алгебраические выражения промежуточных функций  $X$  и  $Y$ ;

$$X = \overline{xy_{\tau_1}} + x_{\tau_2} \overline{y_{\tau_1}} + \overline{a} = \overline{a} + \overline{y_{\tau_1}} (\overline{x} + x_{\tau_2}), \quad (3)$$

$$Y = (x + y_{\tau_1}) (\overline{x_{\tau_2}} + y_{\tau_1}) a = a (y_{\tau_1} + x \overline{x_{\tau_2}}). \quad (4)$$



Из этих выражений, а также непосредственно из матриц функций  $X$  и  $Y$  следует, что промежуточные переменные связаны между собой следующими соотношениями:

$$x = \bar{y} \quad \text{и} \quad y = \bar{x}.$$

Заменяя в выражении (3) переменные  $\bar{x}$  и  $x_{\tau_2}$  через соответствующие значения переменной  $y$ , а в выражении (4) — переменную  $y_{\tau_1}$  через соответствующее значение  $\bar{x}_{\tau_1}$ , получим при  $\tau_1 < \tau_2$ :

$$X = \bar{a} + \bar{y}_{\tau_1} (y + y_{\tau_2}) = \bar{a} + \bar{y}_{\tau_1} = \bar{a}y_{\tau_1}, \quad (5)$$

$$Y = a(\bar{x}_{\tau_1} + x\bar{x}_{\tau_2}) = a(\bar{x}_{\tau_1} + x)(\bar{x}_{\tau_1} + \bar{x}_{\tau_2}) = \bar{a}x_{\tau_2}. \quad (6)$$

В принципе полученным структурным формулам многотактной потенциально-импульсной функции может соответствовать релейное устройство как на контактных, так и на бесконтактных элементах.

Определенный интерес вызывает реализация полученных промежуточных функций на электронных или полупроводниковых приборах (с целью сравнения получаемых и существующих принципиальных схем мультивибратора). Поэтому в качестве примера рассмотрим реализацию функций (5) и (6) на полупроводниковых приборах. Для мультивибратора на бесконтактных элементах согласно формулам (5) и (6) соответствует функциональная (структурная) схема, изображенная на рис. 3, а.

Используя схему элемента  $\tau$  — НЕ, приведенную в [1], и инвертора на триодах, находящихся в нормально закрытом состоянии, можно по-

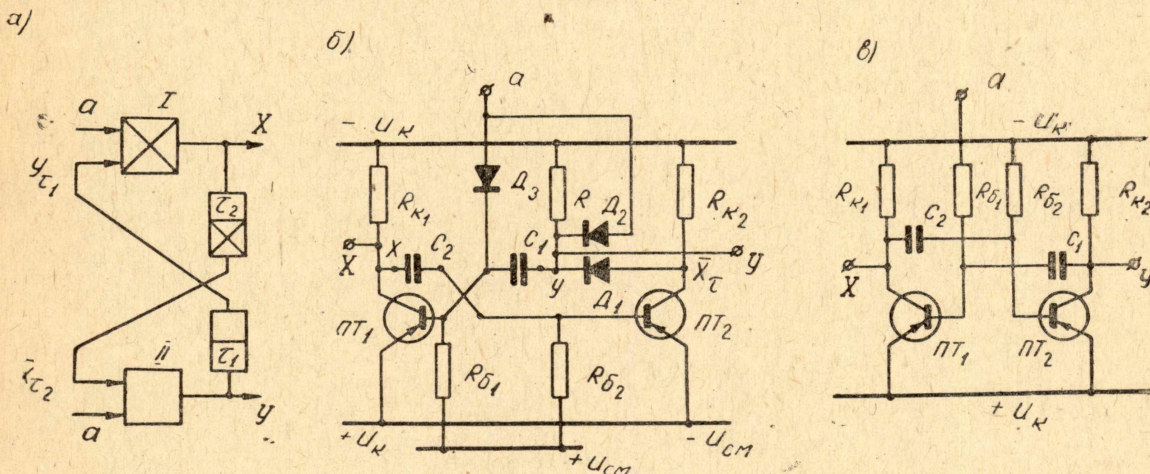


Рис. 3

лучить принципиальную схему мультивибратора, изображенную на рис. 3, б.

Здесь на триоде  $PT_1$  реализуется функция  $X = \bar{a}y_{\tau_1}$ , триод  $PT_2$  и конденсатор  $C_2$  образуют элемент  $\tau$  — НЕ, схема совпадения II на отрицательные потенциалы образуется сопротивлением  $R$ , диодами  $D_1$  и  $D_2$ , через которые подаются сигналы  $\bar{x}_{\tau_2}$  и  $a$ . С выхода схемы совпадения II образуется функция  $Y = \bar{a}x_{\tau_2}$ .

Нетрудно заметить, что схема рис. 3, б использует принцип работы мультивибратора с «положительными базами».

Если в качестве инверторов в элементах  $I$  и  $\tau$  — НЕ (рис. 3, а) взять транзисторы в нормально открытом состоянии, то можно получить прин-



ципиальную схему мультивибратора в более простом виде (рис. 3, в), так как схему совпадения II в этом случае можно опустить.

Нетрудно убедиться, что и эта схема полностью описывается структурной схемой рис. 3, а.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Л. Собакин, В. М. Новицкий. К вопросу об использовании специальных операторов над булевыми переменными при логических методах синтеза и анализа потенциально-импульсных релейных устройств. (В настоящем сборнике).
  2. Н. П. Васильева, И. Гашковец. Логические элементы в промышленной автоматике, ГЭИ, 1962.
  3. С. Колдуэлл. Логический синтез релейных устройств, изд-во ИЛ, 1962.
  4. Е. Н. Вавилов, Г. П. Портной. Синтез схем электронных цифровых машин, изд-во Советское радио, 1963.
  5. М. А. Гаврилов. Теория релейно-контактных схем, изд-во АН СССР, 1950.
  6. А. Н. Юрасов. Теория построения релейных схем, ГЭИ, 1962.
  7. А. Д. Закревский. Визуально-матричный метод минимизации булевых функций, Автоматика и телемеханика, т. 21, № 3, 1960.
-